

Bollettino tecnico

ISOLAMENTO TERMICO

Il tuo supporto per la progettazione



INDICE

1 TRASMISSIONE DEL CALORE	2
2 ISOLAMENTO TERMICO	2
3 TRASMITTANZA TERMICA DEL VETRO U_g	3
3.1 SPESSORE DELL'INTERCAPEDINE.....	4
3.2 GAS DI RIEMPIMENTO.....	4
3.3 EMISSIVITA'.....	5
3.4 VETRO BASSO EMISSIVO 'ZERO'.....	7
3.5 VETRATE ISOLANTI A DOPPIA CAMERA (TRIPLO VETRO).....	8
4 VALORI DI TRASMITTANZA TERMICA U_g	8
5 DISTANZIATORI A BORDO CALDO (Warm-Edge)	10
6 CONCLUSIONI	13

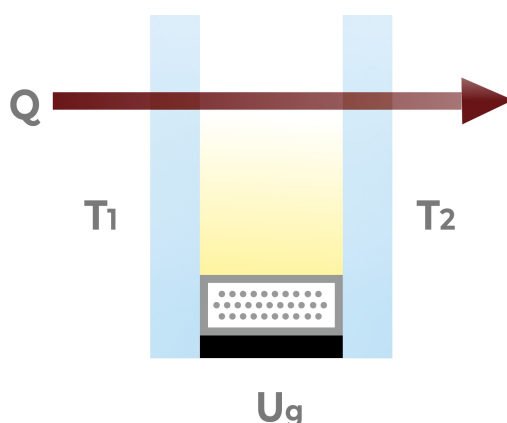
1 TRASMISSIONE DEL CALORE

Prima di parlare di isolamento termico di un materiale, si rende necessario analizzare il concetto di **trasmissione del calore**.

Quando tra due ambienti che stanno a diverse temperature viene interposto un elemento di separazione, si stabilisce tra di essi un flusso di calore Q che è direttamente proporzionale alla differenza di temperatura ΔT tra gli ambienti e alla Trasmittanza Termica U dell'elemento.

Tradotto: immaginiamo di realizzare un'apertura nel muro, fuori fa freddo e in casa accendiamo un calorifero. Nel momento in cui in questa apertura andremo ad inserire un vetro, disperderemo tanto più calore (Q) quanto maggiore sarà la differenza di temperatura tra interno ed esterno (T_1 e T_2) e quanto maggiore sarà valore di Trasmittanza Termica (U) del vetro.

Tale fattore U , identificato come **TRASMITTANZA TERMICA** di un elemento, definisce dunque la capacità dell'elemento di separazione di trasmettere (trasportare) il calore da una ambiente all'altro.



Calore trasmesso per unità di superficie $Q = U \times (T_1 - T_2)$

E' intuitivo capire che, a parità di differenza di temperatura, diminuire per esempio della metà il valore U comporta dimezzare il calore trasmesso tra i due ambienti per unità di superficie.

Nota: considerando il pressoché nullo potere che abbiamo di modificare la temperatura esterna e che non possiamo permetterci, per evidenti ragioni economiche, di mantenere sempre i caloriferi alla massima potenza, vien da sé pensare che l'unico elemento di grande impatto sul quale possiamo agire è proprio questo valore U .

2 ISOLAMENTO TERMICO

Lo studio dunque dell'isolamento termico dei materiali, ha lo scopo di calcolare la resistenza che un materiale oppone alla trasmissione del calore, ovvero la sua capacità di limitare il trasporto di calore da un ambiente all'altro.

Realizzare un buon isolante termico significa quindi raggiungere, per quel materiale, un **basso valore di Trasmittanza Termica**.

Nota: minore sarà il valore di trasmittanza termica di un elemento, migliore sarà la sua capacità di isolamento termico. Schematicamente si può riassumere come segue:

BASSO VALORE DI TRASMITTANZA TERMICA 'U' → ELEVATO ISOLAMENTO TERMICO

3 TRASMITTANZA TERMICA DEL VETRO Ug

Lo studio del 'materiale' vetro e della sua capacità di isolamento termico è quindi descritto dal suo valore di Trasmittanza Termica, denominata convenzionalmente con **Ug (U glass)**.

Il valore, espresso in **W/m² °K** (Watt su metro quadro grado Kelvin), è calcolato al centro del vetro, dove il vetro è più performante in termini di isolamento. Non tiene quindi conto del calore trasmesso dal 'ponte termico' perimetrale costituito tipicamente dall'infisso e da tutti gli elementi presenti sul bordo del vetro quali, per esempio, il canalino distanziatore ed il sigillante.

Nota: il metodo di calcolo di Ug, è definito dalla norma **UNI EN 673**.

Il 'materiale' vetro è di per sé un buon trasmettitore del calore, ovvero un **pessimo isolante**. Si tenga conto che la Trasmittanza Termica di un vetro di spessore 4mm è pari a Ug=5,8 W/m²°K.

Parlare di isolamento del vetro significa tuttavia parlare di **vetrocamera**.

Domanda: ma se il vetro è un pessimo isolante termico, come fa il vetrocamera ad ottenere ottimi risultati di isolamento termico?

Risposta: grazie all'aria 'intrappolata' tra i due vetri nell'intercapedine. L'aria infatti è un pessimo conduttore del calore, a patto però che resti immobile.

La tecnologia del vetrocamera richiede quindi che l'aria non si muova (in linguaggio tecnico che non si instaurino **moti convettivi**) tra le due superfici del vetro poste a differente temperatura.

Quali sono dunque i **fattori** sui quali possiamo agire per ottenere migliori risultati in termini di isolamento termico:

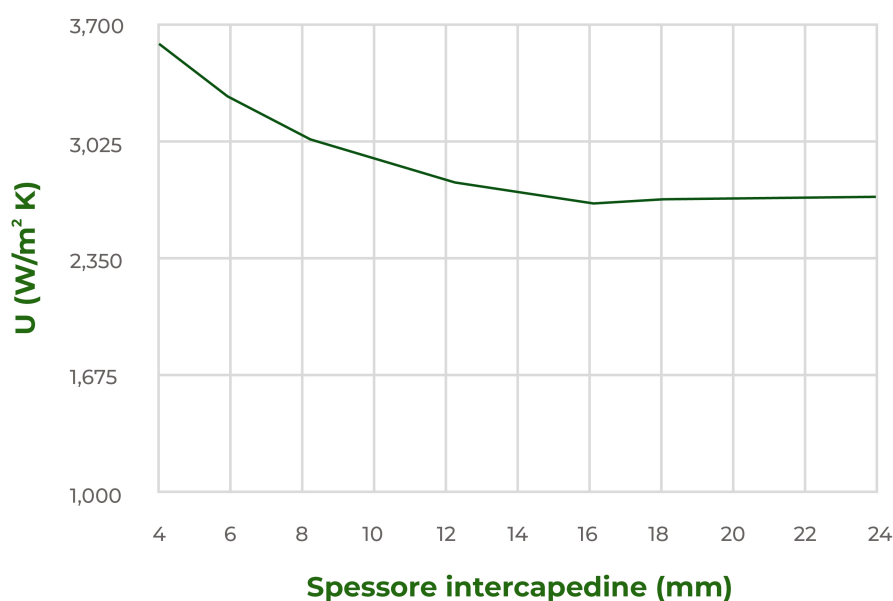
- **Spessore dell'intercapedine**, che deve essere opportunamente dimensionato oppure 'raddoppiato' (vedi vetrocamera triplo);
- **Gas di riempimento** dell'intercapedine;
- **Emissività** del vetro;

- **Spessore del vetro**, il quale ha una scarsa influenza in quanto come abbiamo visto è di per sé un pessimo isolante termico.

3.1 SPESSORE DELL'INTERCAPEDINE

Per spiegare l'influenza dello spessore dell'intercapedine, analizziamo il seguente grafico.

Sull'asse orizzontale abbiamo lo spessore della canalina, mentre sull'asse verticale abbiamo il valore di trasmittanza termica U di una vetrata isolante.



Variazione del valore U all'aumentare dello spessore della canalina

Come si può notare, abbiamo un miglioramento (ovvero una diminuzione) del valore della trasmittanza all'aumentare dello spessore dell'intercapedine fino a **16mm**. Aumentando ulteriormente non si hanno benefici, anzi vi è una tendenza al peggioramento della trasmittanza dovuta all'attivazione di moti convettivi all'interno della camera.

Quindi: sopra i 16 mm, l'aria nella camera comincia a 'muoversi', generando così un maggior trasporto di calore e peggiorano quindi l'isolamento termico del sistema vetrocamera.

3.2 GAS DI RIEMPIMENTO

Un notevole miglioramento del valore di trasmittanza termica si ottiene sostituendo (o meglio mixando) l'aria disidratata all'interno dell'intercapedine con dei gas.

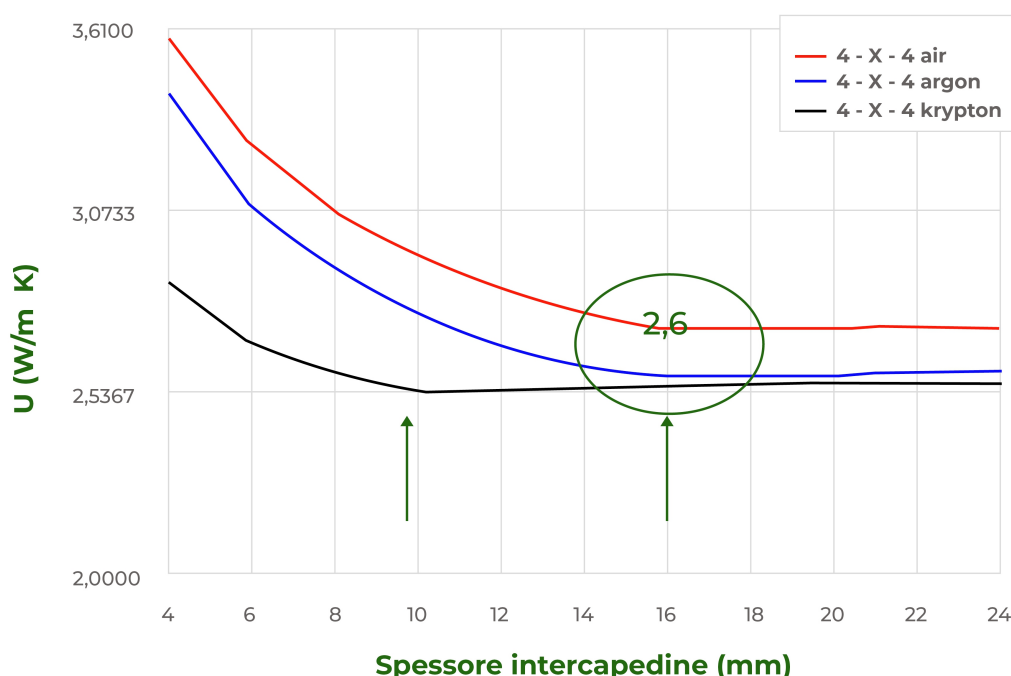
Il beneficio è dovuto alle caratteristiche di maggiore inerzia termica di questi gas Argon e Krypton, ovvero alla maggior difficoltà a 'mettersi in movimento' per effetto termico.

Per capire l'effetto fisico, possiamo dire brutalmente che questi gas “**appesantiscono**” l'aria facendo sì che risulti più difficile muoverla.

Il riempimento con gas **Argon** è un processo ormai ampiamente diffuso e presenta costi abbastanza ridotti. A parità di spessore, l'intercapedine con gas Argon migliora il valore di Ug di circa $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Sul mercato è disponibile anche il gas **Krypton** che realizza la sua miglior prestazione con intercapedini di spessore pari a 9 mm.

Nota: come si può notare nel grafico sottostante, per intercapedini pari o superiori a 15 mm il gas Krypton non presenta particolari differenze rispetto al gas Argon. Da sottolineare però che il gas Krypton ha **costi** estremamente elevati rispetto al gas Argon.



Variazione del valore U all'aumentare dello spessore della canalina in relazione alla tipologia di gas

La Vetreria Rossi, grazie alla nuova linea di produzione con la pressa a riempimento automatico, è in grado di garantire una concentrazione nominale di gas Argon del 90%, con tolleranze di +10% / -5%.

3.3 EMISSIVITA'

Con il termine “**emissività termica**” si definisce la capacità di un materiale di dissipare (disperdere) il calore verso l'ambiente su cui si affaccia. Nel nostro caso, possiamo dire che è la capacità di un vetro “riscaldato” di rilasciare questo calore nell'ambiente.

Quando parliamo di vetro basso emissivi dunque facciamo riferimento a quei vetri con **indici di emissività molto bassi, ovvero che disperdono poco il calore.**

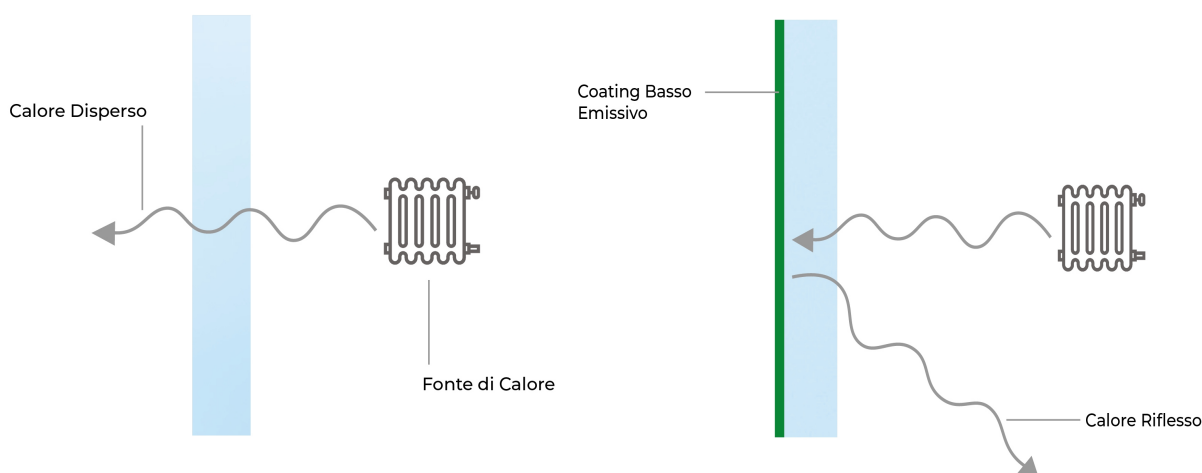
Domanda: ma se disperdono poco il calore senza andare a disperderlo nell'ambiente, come fanno a darci un beneficio termico?

Innanzitutto le ricerche e lo sviluppo tecnologico in campo vetrario hanno permesso di ridurre l'emissività dei vetri andando ad applicare dei **depositi di ossidi e/o metalli** sulla faccia della lastra. Tali depositi hanno delle dimensioni che sono impercettibili all'occhio umano, e garantiscono dunque la perfetta trasparenza.

Nota: i processi di deposito di prima generazione si basano sull'effetto di pirolisi. Da qui la denominazione di **"vetri pirolitici"** come il Kglass o gli Eko. Il processo di Pirolisi viene realizzato ad alta temperatura all'uscita del vetro dal forno ed introduce forti legami tra deposito e vetro. La resistenza superficiale del rivestimento è quindi molto elevata, pari a quella del vetro. I basso emissivi pirolitici sono quindi meno sensibili a subire danneggiamenti superficiali durante i processi di lavorazione e trasformazione.

Quando invece oggi parliamo di **vetri basso-emissivi**, facciamo riferimento a quei vetri prodotti con processi industriali di tipo magnetico (da qui la dicitura vetri basso-emissivi **magnetronici**) che permettono di depositare un numero maggiore di strati di argento e di ossidi metallici. Il processo di deposito in questo caso avviene a freddo, fuori dalla linea del forno. Il maggior numero di depositi garantisce emissività molto inferiori a quelle dei vetri pirolitici e quindi migliori prestazioni termiche. Questo processo a freddo tuttavia rende il deposito meno "robusto" e di conseguenza il vetro richiede maggiore attenzione durante i processi di lavorazione. Il basso emissivo magnetronico per questo motivo va tassativamente utilizzato nel vetrocamera.

Risposta: Questi rivestimenti (coating) "basso-emissivi" hanno la capacità riflettere verso l'interno dell'edificio fino al 96% delle radiazioni infrarosse prodotte dai corpi caldi presenti negli ambienti interni.



Effetto di parziale riflessione del calore del coating basso-emissivo

In altre parole, quando vengono colpiti da un'onda di calore, ne riflettono indietro una buona parte. Tornando dunque alla domanda precedente possiamo dire che disperdono poco il calore in quanto lo rimandano indietro, evitando che passi e si disperda all'esterno.

Tale proprietà riduce drasticamente la trasmittanza termica del vetro e quindi di conseguenza anche delle relative vetrate isolanti realizzate con questi prodotti.

Nota: il lato del vetro sul quale viene applicato il rivestimento (coating) basso-emissivo deve essere sempre rivolto verso l'interno del vetrocamera così che non sia accessibile in quanto molto delicato.

3.4 VETRO BASSO EMISSIVO 'ZERO'

Il vetro basso emissivo di ultima generazione (denominato 1.0, Zero, Top 1.0, Optitherm S1, ...) permette di ridurre ulteriormente la Trasmittanza Termica.

Il risultato è ottenuto 'caricando' il coating con maggiori quantità di **Argento**. La miglior prestazione termica va tuttavia leggermente a discapito della Trasmissione Luminosa che si riduce di circa il 3% rispetto al rivestimento Basso Emissivo standard.

Nota: lo studio dei coating si pone come obiettivo quello di lasciare inalterate le caratteristiche primarie del vetro: trasparenza e colorazione neutra. Per quanto riguarda la trasparenza lo scopo è pienamente raggiunto. La Trasmissione Luminosa (TL), parametro che indica la percentuale di luce trasmessa, è invece leggermente 'sacrificata'. Tali rivestimento infatti sono percepiti anche dal nostro occhio come leggermente più scuri, colorati e riflettenti. Schematicamente si può riassumere come segue:

MAGGIORE **QUANTITA' DI OSSIDI** SUL VETRO → MIGLIORI **VALORI DI TRASMITTANZA** TERMICA 'U' → MAGGIORE **COLORAZIONE** DEL VETRO → MINORE **LUCE TRASMESSA**

Si ricorda che oltre certi valori, il vetro a livello ottico si colorerà al punto tale da comportarsi come uno specchio e riflettere così completamente l'immagine. E' il caso dei vetri a controllo solare (Stopsol, Stopray, ecc.)

IMPORTANTE

Questi vetri basso-emissivi "zero" permettono di raggiungere **valori di Ug pari a 1.0 W/m²K con intercapedini di 15 o 16 mm caricate a gas Argon.**

Con intercapedini diverse i valori di Ug sono pari a quelli garantiti dal vetro basso-emissivo standard.

3.5 VETRATE ISOLANTI A DOPPIA CAMERA (TRIPLO VETRO)

Come anticipato in precedenza, il valore di trasmittanza termica varia in maniera minimale e trascurabile all'aumentare dello spessore del vetro. Diverso però è il discorso se andiamo ad agire sulla composizione (stratigrafia) che compone il nostro vetrocamera.

L'esigenza di diminuire il valore di Trasmittanza Termica può essere infatti soddisfatta per mezzo dell'utilizzo di vetri a doppia camera, o vetri tripli.

Nota: il limite tecnico attuale con **camera singola** permette di raggiungere valori di U_g pari a $1.0 \text{ W/m}^2\text{°K}$.

Come mostrato invece nella tabella al paragrafo 4, il **triplo vetro** può arrivare a valori di $U_g=0.5 \text{ W/m}^2\text{°K}$.

IMPORTANTE

Ci preme sottolineare che, per avere effettivi vantaggi nel rapporto costo/prestazioni, si debbano considerare vetri tripli con almeno due intercapedini da 12mm caricate di gas Argon e due vetri basso emissivi.

4 VALORI DI TRASMITTANZA TERMICA U_g

Il valore di trasmittanza termica del vetro contribuisce al calcolo per il valore della trasmittanza termica complessiva di tutto il sistema serramento.

L'algoritmo di calcolo della Trasmittanza Termica del vetro è definito dalla norma **UNI EN 673**.

I maggiori produttori di vetro mettono a disposizione, nei propri siti, dei programmi di calcolo delle caratteristiche tecniche dei vetri. Tra questi segnaliamo:

- AGC
- Guardian
- Pilkington
- Saint-Gobain
- Sisecam

I programmi di calcolo sono accessibili in modo gratuito, è sufficiente effettuare una semplice registrazione.

Allo scopo di riassumere e quindi facilitare la ricerca della corretta composizione della vetrata, riportiamo nella seguente tabella le composizioni più comuni di vetrocamera.

Si considerano solamente le composizioni con vetro basso-emissivo magnetronico e le intercapedini disponibili. Per maggiore chiarezza non si considera lo spessore del vetro che, come detto, ha scarsissima rilevanza nel calcolo di U_g .

Composizione	Ug Aria	Ug Argon 90%
Doppio Vetro con Basso Emissivo		
Float - 12 - B.E.	1,6	1,3
Float - 14/15/16/18/20 - B.E.	1,4	1,1
Doppio Vetro con Basso Emissivo ZERO		
Float - 12 - B.E. ZERO	1,6	1,2
Float - 15/16/18 - B.E. ZERO	1,3	1,0
Float - 14/20 - B.E. ZERO	1,3	1,1
Triplo Vetro con un Basso Emissivo		
Float - 9 - Float - 9 - B.E.	1,5	1,2
Float - 12 - Float - 12 - B.E.	1,3	1,0
Float - 15/16 - Float - 15/16 - B.E.	1,1	0,9
Triplo Vetro con Due Basso Emissivi		
B.E. - 9 - Float - 9 - B.E.	1,2	0,9
B.E. - 12 - Float - 12 - B.E.	0,9	0,7
B.E. - 14/15/16 - Float - 14/15/16 - B.E.	0,8	0,6
Triplo Vetro con Due Basso Emissivi ZERO		
B.E. ZERO - 14/15 - Float - 14/15 - B.E. ZERO	0,8	0,6
B.E. ZERO - 16 - Float - 16 - B.E. ZERO	0,7	0,5

Float: Vetro Float Standard

B.E.: Basso Emissivo Magnetronico Standard

B.E. ZERO: Basso Emissivo Magnetronico 'ZERO'

Nota: la tabella è da considerarsi puramente indicativa. Per una valutazione di dettaglio contattare il nostro Ufficio Tecnico. Siamo a completa disposizione per ogni eventuale richiesta.

5 DISTANZIATORI A BORDO CALDO (Warm-Edge)

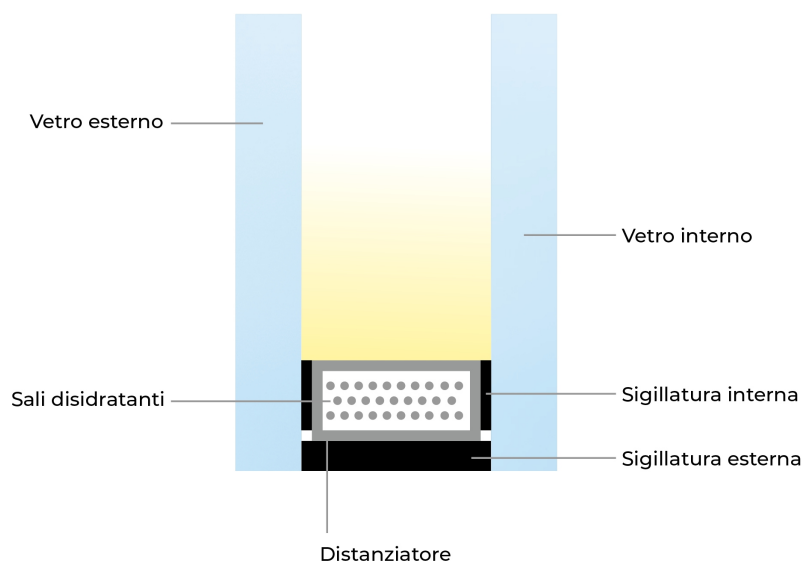
Un discorso particolare va dedicato alla tecnologia per la realizzazione del bordo del vetro che, come detto, non è considerato nel calcolo della Trasmittanza Termica Ug.

In fase di studio infatti va posta particolare attenzione al perimetro del vetro, dove abbiamo un'alternanza di materiali diversi uniti tra loro e dove, di conseguenza, si instaura inevitabilmente un ponte termico.

Nota: il **ponte termico** è definito come quella zona locale limitata dell'involucro edilizio che rappresenta una densità di flusso **termico** maggiore rispetto agli elementi costruttivi adiacenti.

Tradotto? Una zona del nostro “pacchetto serramento-vetro” che disperde calore.

Nel caso del vetro è dunque intuitivo capire che questa situazione si verifica come detto sul perimetro e dipenderà dal tipo di materiali utilizzati per la realizzazione del bordo e da come essi vengono assemblati.



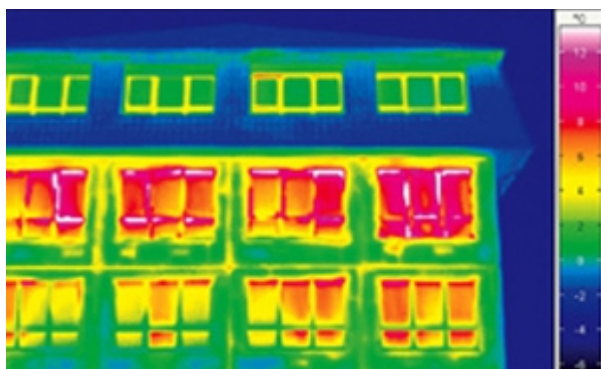
Sezione perimetrale di un vetrocamera isolante

Gli intercalari standard vengono realizzati in alluminio che, per quanto leggero e resistente, è un ottimo conduttore di calore e quindi poco adatto a garantire significative prestazioni di isolamento termico.

Migliori prestazioni sono invece garantite dai nuovi materiali (quali acciaio, pvc e vari estrusi in copolimeri plastici) utilizzati dai cosiddetti '**Distanziatori a Bordo Caldo**'.

Cosa si intende dunque con distanziatore a bordo caldo? Il distanziatore si definisce a Bordo Caldo quando è costituito da materiali a limitata trasmittanza termica, in grado di ridurre la dispersione di calore sulla zona perimetrale del vetrocamera. Questo concetto si traduce nel caso del vetrocamera nella capacità di queste canaline di mantenere significativamente più

elevate le temperature sul bordo interno del vetro, contribuendo a un notevole risparmio energetico e a migliorare il comfort abitativo.



Termografia esterna di una facciata

Nell'immagine, ripresa dall'esterno, si può notare come nei primi due piani, dove sono stati utilizzati distanziatori in alluminio, la termografia ha registrato temperature perimetrali esterne maggiori (e quindi maggiori dispersioni) rispetto al piano superiore, dove le finestre sono state assemblate con distanziatori a bordo caldo.

Non solo; un altro vantaggio nell'utilizzo del Bordo Caldo è la riduzione della condensa che si forma sul bordo della finestra, grazie al mantenimento di una temperatura più alta del perimetro del vetro all'interno dell'ambiente.

Nota: la condensa si manifesta con la presenza di un velo acquoso sulle superfici, quando l'aria calda e umida viene a contatto con una superficie fredda (l'esempio più lampante è quando d'estate togliamo una bottiglia d'acqua dal frigorifero e in un attimo si "bagna" completamente).

Da sottolineare che all'interno delle abitazioni la condensa può formarsi principalmente per 4 fattori, che sono:

- Ricambio d'aria inefficace;
- Eccesso d'umidità;
- Sbalzi repentini di temperatura;
- Inadeguato isolamento dei ponti termici.

Nel caso del vetro, è l'ultimo punto quello che più ci interessa.

Come visto prima, la maggiore capacità isolante del profilo distanziatore ha dunque due funzioni:

- limitare la dispersione di calore e di conseguenza garantire un risparmio energetico, con conseguente riduzione dei costi di riscaldamento e climatizzazione;
- mantenere il bordo più caldo, evitando così la diffusione e la formazione di muffe, le alterazioni del colore e le macchie d'acqua sul serramento.

Entrambi questi vantaggi determinano un allungamento della vita della finestra.

Il dato tecnico (valore) significativo dei canalini a Bordo Caldo è rappresentato dalla **Trasmittanza Lineare Ψ (PSI)** espressa in $W/m^{\circ}K$ che tiene conto della trasmissione del calore dagli elementi che compongono il ponte termico:

- il canalino;
- il vetro;
- il sigillante.

IMPORTANTE

Tale valore **NON influenza il calcolo di U_g** in quanto la Trasmittanza Termica del vetro è calcolata al centro della vetrata stessa.

Appare invece come **termine significativo nel calcolo della Trasmittanza Termica del sistema Serramento + Vetro.**

In commercio esistono vari tipi di distanziatori a Bordo Caldo, con proprietà differenti tra loro a seconda del materiale:

- acciaio;
- acciaio e policarbonato;
- copolimero plastico 'Multitech' (materiale di ultima generazione molto performante).

La Vetreria Rossi ha disponibili **profili in alluminio e in copolimero plastico 'Multitech'** le cui caratteristiche tecniche sono riportate nelle tabelle successive.

Valori di Trasmittanza Lineare dei distanziatori Ψ [$W/m^{\circ}K$]

Vetrocamera composizione: 4 / 16 / 4 BassoEmissivo

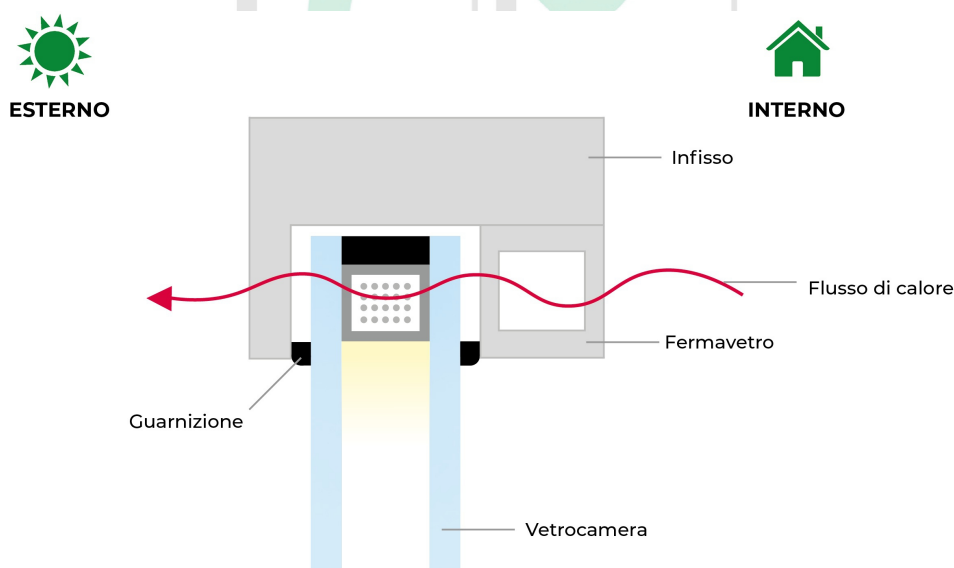
INFISSO	TIPO DI DISTANZIATORE		
	Alluminio (AL)	Bordo Caldo (BC)	Multitech (MT)
Alluminio	0,068	0,048	0,035
Legno-Alluminio	0,059	0,043	0,032
Legno	0,053	0,039	0,030
PVC	0,051	0,039	0,031

Vetrocamera triplo composizione: 4 Basso Emissivo / 12 / 4 / 12 / 4 Basso Emissivo

INFISSO	TIPO DI DISTANZIATORE		
	Alluminio (AL)	Bordo Caldo (BC)	Multitech (MT)
Alluminio	0,066	0,043	0,030
Legno-Alluminio	0,060	0,041	0,030
Legno	0,054	0,038	0,028
PVC	0,050	0,039	0,030

Come si nota nelle tabelle, il valore del ponte termico, varia a seconda della tipologia di canalina, della tipologia di serramento e dalla composizione (stratigrafia) del vetro.

Nota: una volta installato il vetro all'interno del serramento, si va infatti a generare un'alternarsi di elementi costruttivi con materiali, composizioni e comportamenti termici differenti tra loro. Questo causa inevitabilmente la necessità di fare un'analisi più dettagliata del valore di PSI, che non dipenderà più solamente dal vetrocamera.



Sezione perimetrale di un vetrocamera inserito all'interno di un serramento

6 CONCLUSIONI

Come abbiamo visto, il vetro per l'edilizia ha raggiunto in questi ultimi anni un importante ruolo nella caratterizzazione delle prestazioni di isolamento termico degli edifici.

L'evoluzione nella tecnologia degli infissi richiede infatti l'utilizzo di vetri dalle prestazioni termiche sempre più spinte per soddisfare le esigenze del mercato, delle normative e delle leggi vigenti.

La Vetreria Carlo Rossi si pone come interlocutore tecnico e commerciale preparato e attento alle ultime novità sia in termini di requisiti del mercato che normativi per assistere il Cliente nella corretta valutazione tecnico/economica del 'sistema vetrocamera'.

Il nostro Ufficio Tecnico e Ufficio Commerciale sono a disposizione per l'identificazione puntuale del miglior prodotto al miglior prezzo.



Redatto da:

VETRERIA CARLO ROSSI

S.a.s di Rossi Ezio & C.

www.vetrieriacarlorossi.it

Via Enrico Fermi 7 - 24054 Calcio (BG)

Tel: 0363968087 - Fax: 0363968144

C.F / P.IVA 02261940163

Email: info@vetrieriacarlorossi.it